

Лабораторная работа №3

Обработка цифровых изображений: гистограммы и сегментация

Постановка задачи

Целью работы являлась разработка приложения для обработки цифровых изображений с реализацией методов анализа гистограмм и сегментации. Требовалось реализовать следующие функции:

- Построение и эквализация гистограмм изображений
- Линейное контрастирование изображений
- Обнаружение точек, линий и перепадов яркости
- Сравнение методов обработки для цветных изображений (RGB и HSV)

Теоретическая часть

Гистограммы изображений

Гистограмма изображения представляет собой график распределения яркостей пикселей. Формально, для изображения $I(x, y)$ гистограмма $h(i)$ вычисляется как:

$$h(i) = \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \delta(I(x, y) - i), \quad i = 0, 1, \dots, 255$$

где δ - функция Кронекера, W и H - ширина и высота изображения.

Линейное контрастирование преобразует исходный диапазон яркостей $[a, b]$ в полный диапазон $[0, 255]$:

$$I_{contrast}(x, y) = \frac{I(x, y) - a}{b - a} \times 255$$

Эквализация гистограммы равномерно распределяет яркости по всему диапазону с использованием кумулятивной функции распределения:

$$I_{eq}(x, y) = \frac{\sum_{k=0}^{I(x, y)} h(k)}{W \times H} \times 255$$

Сегментация изображений

Сегментация - процесс разделения изображения на значимые области. В работе реализованы три метода:

Обнаружение точек с помощью лапласиана:

$$L(x, y) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(x+i, y+j) \cdot M_{point}(i, j)$$

где M_{point} - маска обнаружения точек.

Обнаружение линий с использованием направленных масок для горизонтальных, вертикальных и диагональных линий.

Обнаружение границ с оператором Собеля:

$$G_x = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(x+i, y+j) \cdot S_x(i, j), \quad G_y = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(x+i, y+j) \cdot S_y(i, j)$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Методы для цветных изображений

Для цветных изображений реализованы два подхода:

- **RGB-подход** - обработка каждого цветового канала отдельно
- **HSV-подход** - преобразование в пространство HSV (Hue-Saturation-Value) и обработка только компоненты яркости (Value)

Реализация

Приложение разработано на C# с использованием Windows Forms. Архитектура решения включает:

- **Form1** - основная форма с элементами управления (PictureBox, TrackBar, Button)
- Две основные вкладки: "Гистограммы и контрастирование" и "Сегментация"
- Алгоритмы обработки реализованы в виде методов класса Form1

Основные методы

- ApplyLinearContrast() - линейное контрастирование
- EqualizeHistogramRGB() - эквализация в RGB-пространстве
- EqualizeHistogramHSV() - эквализация в HSV-пространстве
- DetectPoints() - обнаружение изолированных точек
- DetectLines() - обнаружение линий различной ориентации
- DetectEdges() - обнаружение границ оператором Собеля
- CreateHistogramBitmap() - построение графического представления гистограммы

Интерфейс приложения

Приложение предоставляет интуитивно понятный интерфейс:

- Возможность загрузки изображений в форматах JPEG, PNG, BMP
- Отображение исходного и обработанного изображения
- Настройка параметров обработки через элементы управления
- Визуализация гистограмм в отдельном окне
- Сохранение результатов обработки

Примеры работы алгоритмов

Линейное контрастирование

Для малоконтрастного изображения с диапазоном яркостей $[50, 150]$ применение линейного контрастирования расширяет диапазон до $[0, 255]$, что значительно улучшает видимость деталей.

Эквализация гистограммы

Эквализация особенно эффективна для изображений с неравномерным распределением яркостей. Метод в HSV-пространстве сохраняет цветовую информацию, в то время как RGB-подход может приводить к цветовым искажениям.

Сегментация

Алгоритм обнаружения точек успешно идентифицирует мелкие детали и изолированные пиксели. Обнаружение линий эффективно для изображений с четкой структурой (архитектура, схемы). Детектор границ на основе оператора Собеля хорошо выделяет контуры объектов.

Трудности при выполнении работы

1. **Оптимизация производительности** - обработка больших изображений методом GetPixel/SetPixel оказывается слишком медленной. Решение - использование unsafe-кода и указателей для прямого доступа к данным изображения.
2. **Преобразование цветовых пространств** - корректная реализация RGB-HSV преобразования требовала тщательной проверки математических формул и обработки граничных условий.
3. **Настройка параметров сегментации** - подбор оптимальных пороговых значений для обнаружения точек и линий требовал тестирования на различных типах изображений.

Результаты

Разработанное приложение успешно реализует все требуемые алгоритмы обработки изображений. Программа обеспечивает:

- Эффективное улучшение контраста изображений
- Качественную сегментацию на точки, линии и границы
- Удобный интерфейс для сравнения различных методов обработки
- Возможность тонкой настройки параметров алгоритмов

Приложение может быть использовано для учебных целей и как основа для более сложных систем компьютерного зрения.